<報 文>

地すべり地における水の実態の捉え方について

——新潟県栗山沢での実験例——

Contribution to the Comprehensive Method of Realizing the Actual State of Water in the Land-slide District of Kuriyamazawa, Niigata Prefecture.

尾原 信彦* 榎尾 重信*

Nobuhiko OBARA Shigenobu KASHIO

植田 元* 八木田 義和*

Gen UEDA Yoshikazu YAGITA

Abstract

The prospect of permanent measures of a land-slide disaster will be promising, if it is possible, through reviewing the disclosing process of land-slide phenomenon, to grasp accurately the part of subterranean water, which plays all over a land-slide area. The authors have applied several field experiments to the land-slide district of Kuriyamazawa, pursuing after the uttermost limit of deduction according to the respective definition, i.e. specific discharge, specific electric resistivity of the earth, natural moisture content in a boring core and electric conductivity of water in a well, a spring, a pond and a brook. The proposal of the authors concerning the evaluation technique of water content of any kind of natural phase at the site, appears to prove effective for designating features, such as geology or soil character.

1. はじめに……方法と実験地

あらゆる様態の水を地すべり地で各種手段で捉え、それら表示量の概念規定を演繹して、可能な限り拡大した解釈を付加させた場合、現象究明に有効であるか否かを新潟県栗山沢地すべりに適用して検討した。当地は栃尾市の南方 8km の過疎地に在り、その東縁と南縁とを限取って、栗山沢川が流れ、東寄りには栗山沢部落 (60戸) が立地し、中央部と西部に拓かれた階段式水田では、今なお滑動が継続している。有史以来繰り返し、滑った跡地のため、だらりとした帯状斜面が観られ、滑動過程の解析は地形図からは至難である¹⁾。

地表踏査で制作した地質図に示すように、当地区には下位から椎谷層 (半硬質砂岩)、西山層 (凝灰質泥岩)、灰爪層 (軟質砂岩) が露出し、滑動は西山泥岩の卓越区域に発生している。上流渓谷沿いに向斜軸が、また西方の支流沿いには背斜軸が、0.8km 離れて同走向 (N20°E) で並行し、地すべりは SE 方に降下し、河畔に達している。

2. 溪流測水に基づく山地保水能の把握

周辺の河流につき、支流・支谷毎に25の集水域に分割し、各出口での渇水期の測水値から比流量 (t/sec/100 km²) を算定し、各区域毎に流入・流出の差をそれぞれ

の重心にプロットして比流量差図を作った²⁾。下流増 (+), 下流減 (-) の区域が識別され、(-) の目玉は千枚田西南隅と部落の最下段付近に現われた。前者は逆断層を伴う背斜軸が、後者は向斜軸が、それぞれ本流を通過する辺りと合致するのが認められる³⁾。

次に本流および東部・西北部の2支流に関し、実測流量と累積集水面積との関連グラフを描き、雨量の40%が流水化するとの想定で⁴⁾、3渓谷の最下流の測水点での理論的流量をグラフに落した。その点を原点に結んだ斜線より下側に、途中の測水点での実測値が落ちれば、伏没量として算定できる故、この水収支図面から、前記(-) 目玉に関して、伏没水量の演算を試みた《部落最下段で 1995t/日、西の支流合流点で 5397t/日》。この量は、土地保全対策上、注目に価する値である。

3. コア含水比と電検比抵抗値との関連性

部落稜線に沿う5本のボーリングの全コアの含水比 W を、現地でも赤外線水分計で測定した⁵⁾。5孔の比抵抗検層値 ρ (極間隔25cm) と対応する深度の W との関係グラフを描き、これを地すべり地における弛んだ岩盤への天水の浸透現象を物語るものと理解することとし、これを前提において、 ρ/W の比 (σ) を各孔毎に算出し、その垂直分布図を並べてみると、密なる地山中では、 σ の変動幅は小さいが、粗なる地山中では、 σ の変動幅は大きかった。孔口→孔底まで $\sigma = 0.3 \sim 0.8$ の幅で屈曲

*株式会社 菅基礎

F-1

図-1 栗山沢近傍地質図 (八木田義和制作 1975)

F-2

図-2 比流量差等値線図

- 1' 部落最下段付近の伏流量……1,995 t/日 = 1,032 t/日 (本流 f 点) + 963 t/日 (東支流 p 点)
 2' 西支流と本流合流点付近の伏流量……5,397 t/日 = 3,776 t/日 (本流 h 点) + 1,621 t/日 (西支流 x 点)

図-3 水収支図 (栗山沢地すべり地)

図-4 ボーリング孔内電気比抵抗 ϕ_{25} とコア含水比 W の関係グラフ (ϕ_{25} は極間隔 25cm の値) (栗山沢地すべり)

図-5 各ボーリング孔における σ ($\sigma = \phi/W$) の垂直分布 (栗山沢地すべり)

図-6 a 栗山沢地すべり地の真の電気比抵抗値分布 (-24m) 単位: $\Omega\cdot m$

図-6 b 栗山沢地すべり地の真の電気比抵抗値分布 (-12m) 単位: $\Omega\cdot m$

するのが、緻密な地山の場合で、この枠 ($\sigma \leq 0.8$) を外れる層準は、天水・沢水の浸透部《砂質部・岩屑堆》に該当し、地層の転換、または水賦存の不連続な箇所であった。

4. 電検・電探データの総合と地中間隙比推算

千枚田に14測点を設けて地表電探を実施し、ボーリング孔での電検成果と総合し⁶⁾、-24mと-12mの真の比抵抗分布図を作った。-24mの深部は、国道沿いと部落稜線直下から東方の峡谷にかけ、 $15 \sim 10 \Omega \cdot m$ の硬い泥岩 ($W \leq 21\%$) が伏在するのに対し、千枚田斜面は $30 \sim 40 \Omega \cdot m$ ($W = 31 \sim 34\%$) という水気の多い軟化した地山が潜在する。-12mの地中では、千枚田斜面下の $30 \sim 40 \Omega \cdot m$ の軟化地山が北東に拡大して、国道沿線まで這上るが、部落直下は-24mの場合と大差がなかった。

土質工学の公式⁷⁾ [$e = (W \times G_s) / S$] に、図-4-aから読換えた W と、当地付近の西山泥岩の平均比重 $G_s (= 2.72)$ を代入し、 $S = 100\%$ とすれば、間隙比 e が推算できる。電探測点を適宜に結んで、3通りの断面に e をプロットし、0.2毎の等値線を引き、0.4以下は硬岩の台頭を、1.0以上は崩積土と見立てると、図-7- α (横断) では部落稜線と学校用地直下の谷地との識別⁸⁾、ならびに地下水帯 (71.2) の東方偏在が認められ、図-7- β (東縦断) では部落地面の安定度が推察でき、図-7- γ (西縦断) は現に滑动中の斜面の地中状態の反映として、受け取れる。

5. 地すべり区域の水の電導度測定の意義

電導度は水中のイオン量とイオンの電気運搬速度に支配される。5本のボーリング孔内水につき測定したところ高位置孔は-20mまで天水 ($40 \sim 90 \mu S/cm$) が浸透し、中位置孔では-3mまで天水で、-9m以深が深層水 ($330 \mu S/cm$)、低位置孔では全層にわたり、深層水 ($330 \sim 480 \mu S/cm$) が存在した。集水竖坑の水は $600 \mu S/cm$ を示し、地山からのイオンの溶落が著しい。

泉池・古井戸・ボーリング坑の表層水の電導度の測定値を集め、電導度平面分布図を描いた⁹⁾。部落付近の浅層水は停滞的で、高い電導度 ($> 240 \mu S/cm$) を示したが、天水貯溜区域 ($60 \mu S/cm$) は北東部の丘頂と国道の西寄りに見られた。電導度の増大傾向で水の流動を追跡したところ、二つの舌状張り出し、すなわち丘頂部からSE方に向う潜流帯と国道西寄りから千枚田裾へ降下する潜流帯、さらに栗山沢川の鉤状河道を短絡するNW方向の潜流帯とが指摘された。潜流帯は流速も大きく、その延び先で流水が抑制されるような異常時には、間隙水圧の上昇を招き、地盤に不安定要素を付加させるに相違ない。

6. むすび

比流量測定は、間接的手段ながら、山地における流水の伏没・溢出の量的表示法として利用でき、さらに褶曲運動の結果派生した空洞・間隙の潜在を適確に探る手段

図-7 地すべり地縦横断面の間隙比 e 分布図

図-8 栗山沢地すべり地浅層水の電導度分布 (単位: $\mu\text{S}/\text{cm}$)(備考) 地表水のブラケット値...120 $\mu\text{S}/\text{cm}$

にも使える。

泥岩の新鮮度,あるいは風化過程を表示するコアの含水比 W と地山岩盤の電気的眞比抵抗値 ρ との間の函数関係 σ が掴めたので,各ボーリング毎の σ の垂直分布を観察検討した。地山が均質緻密泥岩ならば, $\sigma \leq 0.8$ なる枠内に納ったが,岩屑の累積部・砂質部分は枠外にはみ出し,破碎部とか層の替り目を暗示し,地下での水の垂直分布の不連続面に該当する。豪雨・融雪・地震時にはこの層準の辺りに急激な異常が起り易いと思われる。コアの W と地山泥岩の G , より e を算定し,地すべり地の縦横断面に e をプロットした図面は,地すべり地の地下状態の特徴把握に役立った。電導度測定で掴めた浅層地下水の動向を,間隙比断面図と対照すると,潜流帯は $e=0.8 \sim 1.3$ の場所に該当することが判った。この事実から,融雪・豪雨期・地震時における危険に曝される箇所指摘も,多分可能となるであろう。

参考文献

- 1) 山野井徹・石黒重実・布施弘・神田章 (1974): 新潟県の地すべりとその環境「地すべり」Vol. 11, No. 2 pp. 3~14
- 2) 安藤高明 (1967): 比流量調査による地表水の流出・伏没現象「地質調査所月報」Vol. 18, No. 12. pp. 801~814 (野洲川デルタシリーズ III)
- 3) 池田隆司・中尾欣四郎・佐倉保夫 (1975): 間歇的地すべりの発生要因としての地下水挙動「地すべり」Vol. 12, No. 3 pp. 8~16.
- 4) 野満隆治・瀬野錦藏 (1964): 「新河川学」p. 57. 地人書館(株)
- 5) 田中芳則 (1968): 泥岩の含水による強度変化「応用地質」Vol. 9, No. 2. pp. 82~93.
- 6) 落合敏郎 (1972): 地下水の物理探査について「物理探査」Vol. 25, No. 9. pp. 302~315.
- 7) 河上房義 (1962): 「土質工学計算法」p-4. 森北出版(株)
- 8) 中村三郎・望月巧一 (1974): 埋没谷の地すべりに及ぼす影響「地すべり」Vol. 11, No. 1. pp. 21~31.
- 9) 本島公司・益子安・甘露寺泰雄 (1973): 「温泉・地下水の分析」pp. 164~166. 講談社サイエンティフィク

(原稿受理日 昭和52年2月15日)